

Polymorphisme biochimique de l'hémoglobine de populations bovines trypanosensibles, trypanotolérantes et de leur croisement dans l'Ouest africain

par R. QUEVAL (1) et J.-P. PETIT (2)

- (1) Centre de Recherches sur les Trypanosomoses Animales, B.P. 454, Bobo-Dioulasso (Rép. de Haute-Volta).
 (2) Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Service de Biochimie, 10, rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort, Cedex.

RÉSUMÉ

Le polymorphisme biochimique de l'hémoglobine a été étudié par électrophorèse sur acétate de cellulose et par électrofocalisation en gel de polyacrylamide sur 594 prélèvements provenant de taurins (N'Dama et Baoulé), de zébus et d'un croisement : N'Dama δ \times Simmental (DASI).

Les fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des hémoglobines des différentes races bovines de l'Ouest africain déjà déterminées, sont analysées et comparées à d'autres populations bovines africaines trypanosensibles et trypanotolérantes.

Les différences les plus significatives entre les populations bovines de haute et faible sensibilité aux trypanosomoses africaines portent sur :

- une très large représentation de l'Hb^A dans les races bovines trypanotolérantes ;
- une fréquence plus grande du type hétérozygote AB chez les races bovines trypanosensibles ;
- et une très faible fréquence génique de l'allèle Hb^B dans les populations bovines trypanotolérantes, ce qui confirme les études menées depuis plus de dix ans à l'I.E.M.V.T.

1. INTRODUCTION

Parmi les marqueurs génétiques sanguins du polymorphisme biochimique des bovins, l'hémoglobine (Hb) représente l'un des systèmes dont la découverte est la plus ancienne. Son principal intérêt réside dans la simplicité des déterminations qui permet une analyse de la génétique des populations et de la phylogénie des races bovines (OSTERHOFF, PETIT).

L'hémoglobine est constituée de quatre sous-unités protéiques semblables deux à

deux. Parmi elles figurent toujours deux molécules de globine alpha et pour la forme la plus abondante d'hémoglobine chez les bovins adultes deux molécules de globine bêta. A chaque sous-unité est fixé un groupement prosthétique : l'hème, comprenant la protoporphyrine et un atome de fer.

Chez les bovins, les chaînes alpha, identiques, sont composées de 141 acides aminés et chaque chaîne bêta est composée de 145 acides aminés (34) (SCHROEDER *et al.*, 1967). Le polymorphisme de l'hémoglobine est dû à des différences de structure primaire entre les

deux chaînes polypeptidiques bêta : les acides aminés des positions 15, 18 et 19 sont Glyc. Lys., Lys. pour l'hémoglobine A et Sér. Hist. Asp. pour l'hémoglobine B.

Plusieurs variétés d'hémoglobines peuvent exister chez un même animal et au cours de sa vie, du stade fœtal à l'âge adulte (GRIMES *et al.*, 1958 ; VAN DER HELM *et al.*, 1978 ; NIKOLAJCZUK *et al.*, 1962). Chez les bovins, l'hémoglobine fœtale F disparaît progressivement au cours de la croissance pour laisser la place après 70 à 90 jours à l'hémoglobine adulte, dont les variants les plus répandus, A et B ont été révélés pour la première fois par électrophorèse sur papier par CABANNES et SERAIN en 1955 (7). Les divers types d'hémoglobines à l'état homozygote apparaissent sur le support d'électrophorèse sous la forme d'une zone simple. Leur présence est régie par une série d'allèles autosomiaux. On discerne, d'après la décroissance de mobilité électrophorétique en milieu alcalin, les types : B, C, F, A, D, X et les variants Y, Khillari, D-Zambia et G. L'allèle A est le variant le plus répandu suivi de B et de C tandis que les autres allèles doivent être considérés comme des exceptions. A eux seuls, les types A, B et AB représentent la presque totalité des phénotypes rencontrés. L'hémoglobine C a été trouvée chez les Brahman, le croisement Brahman \times Hereford et chez certaines populations de *Bos indicus*, des zébus originaires, soit de l'Inde, soit de l'Afrique (39, 12). L'hémoglobine D, variant beaucoup plus rare fut dépisté chez les zébus et chez d'autres populations bovines d'Afrique, en particulier, la race taurine Muturu du Nigeria (14, 9, 6). L'hémoglobine K fut observée dans le bétail Khillari des Indes (22). Le variant X spécifique aux zébus est associé à Hb^A et Hb^B dans le bétail de l'Union Indienne et des Etats-Unis. D'autres variants n'ont été décrits qu'une fois, tels que l'hémoglobine Y du bétail coréen (ABE *et al.*, 1968) et l'hémoglobine G des zébus de l'Est africain (3).

Les loci déterminant le type d'hémoglobine et le système A de groupes sanguins des bovins paraissent étroitement liés (LARSEN, 1966).

Les bovins qui peuplent l'Afrique Occidentale appartiennent à deux types principaux : les zébus (*Bos indicus*) et les taurins (*Bos taurus*). Les taurins se répartissent en deux grands groupes : le bétail hamitique à longues

cornes (*Bos taurus primigenius*) représenté essentiellement par la race N'Dama et le bétail à courtes cornes (*Bos taurus brachyceros*) représenté par les races Baoulé, Somba, Muturu et Lagunaire.

Le zébu, sensible aux trypanosomes, peuple les zones sèches alors que les taurins sont implantés dans les zones humides, pratiquement en zone guinéenne.

La description de ces races bovines africaines ne peut avoir la précision de celles des régions tempérées où la sélection a uniformisé les caractéristiques esthétiques et économiques. Cependant, l'ethnologie, l'écologie et l'étude de la répartition de ces races bovines trypanotolérantes et trypanosensibles ont été l'objet de nombreux écrits : DOUTRES-SOULLE (1947) ; (17, 16, 38, 40, 10, 25, 37, 13, 11).

PETIT (27, 29, 30) a abordé la nature des hémoglobines des bovins africains et malgaches, en général, et celle des races taurines trypanotolérantes en particulier.

Pour poursuivre dans la même voie et continuer à étendre les zones géographiques où ces bovins de l'Ouest africain sont étudiés, ce travail se propose de développer sur un modèle maintenant bien fixé (31), l'examen des types d'hémoglobines de 594 bovins bien définis.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Animaux utilisés

Ont donc été examinés au total 594 animaux : 97 N'Damas, 222 Baoulés, 172 zébus et 103 bovins issus du croisement N'Dama ♂ et Simmental ♀ et communément appelés « Dasi ».

Les échantillons sanguins ont été récoltés :

— à l'Institut des Savanes, Département Elevage, Centre de Recherches Zootechniques de Minankro, B.P. 152, Bouaké (République de Côte-d'Ivoire) (Baoulé, N'Dama) ;

— à la Société de Développement des Productions Animales (S.O.D.E.P.R.A.), Embouche Bovine, B.P. 159, Ferkessedougou (République de Côte-d'Ivoire) (Dasi) ;

— au Centre de Recherches et d'Elevage, Avetonou, Togo (C.R.E.A.T.), B.P. 27, Agou-Gare (République du Togo) (Baoulé, N'Dama) ;

— à la ferme expérimentale de Banankeledaga, C.R.T.A., B.P. 454, Bobo-Dioulasso (République de Haute-Volta) (Baoulé, Zébu) ;

— dans les élevages en milieu traditionnel, encadrés par l'Organisme Régional de Développement (O.R.D.) dans le Département des Hauts-Bassins, Sous-Préfecture de Banfora (République de Haute-Volta) (Baoulé, Zébu).

2.2. Prélèvements

Les prélèvements sanguins ont été effectués par ponction veineuse, soit à la veine jugulaire, soit à la veine caudale médiane et recueillis dans des tubes sous vide et sur anticoagulants, l'héparine ou l'éthylène diamine tétracétique bisodique (EDTA-Na). Pendant leur transport, les échantillons sont conservés dans une boîte isotherme contenant des accumulateurs de froid. Au laboratoire, les prélèvements sont conservés au réfrigérateur à + 4° jusqu'au moment de l'analyse 1 à 3 jours après le prélèvement.

2.3. Préparation de l'hémolysat

Après centrifugation et élimination du plasma et des leucocytes, les hématies sont lavées 4 fois en soluté physiologique normal (9,0 g/litre NaCl) et lysées avec 1,5 volume d'eau distillée et 0,5 volume de toluène. Le mélange est agité vigoureusement et centrifugé pour éliminer le matériel stromal et le toluène. A partir de l'hémolysat obtenu, on prépare une solution à 2 g d'hémoglobine pour 100 millilitres en diluant avec de l'eau distillée.

2.4. Séparation électrophorétique

La séparation des hémoglobines A et B utilise leur différence de charge électrique. Deux méthodes ont été employées : l'électrophorèse et l'électrofocalisation.

2.4.1. Electrophorèse

La migration électrophorétique des hémolysats s'opère sur des bandes de Cellogel (*) de 5.7×14 cm avec une solution tampon Tris-glycine de pH 9,0. Un générateur de courant stabilisé fournit une intensité de 10 mA sous une tension de 200 volts pendant 90 min. La lecture des types d'hémoglobines est, soit directe, soit après coloration au rouge Ponceau S et transparisation.

2.4.2. Electrofocalisation

L'électrofocalisation est réalisée avec le système modulaire LKB (Multiphor, alimentation et cryostat) avec une puissance constante de 30 Watts, une intensité initiale de 50 mA et une tension finale maximale de 1 500 volts. Durée : 90 min. Des gels d'ampholytes sur support de polyacrylamide LKB formant un gradient de pH linéaire de 3,5 à 9,5 sont utilisés.

Dans ces différentes conditions expérimentales, les hémoglobines A et B se différencient aisément (fig. 1, 2).

(*) Marque CHEMETRON.

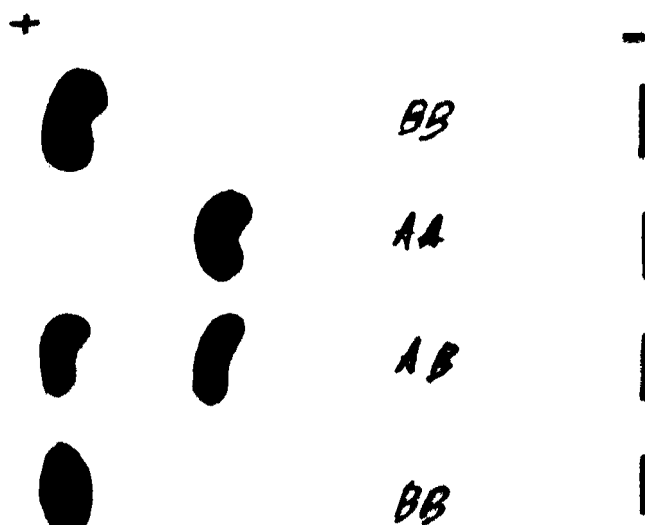
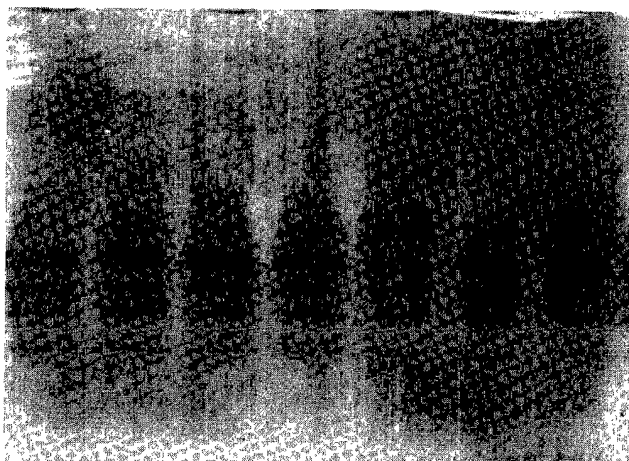
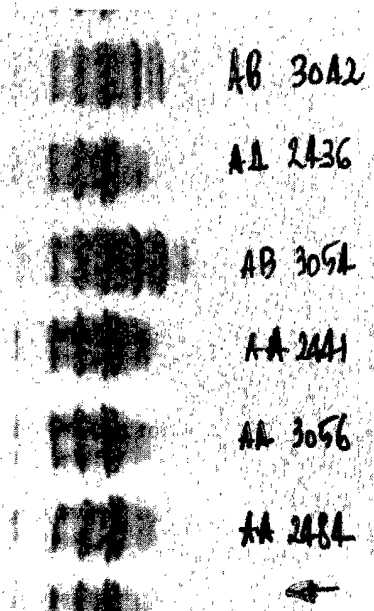
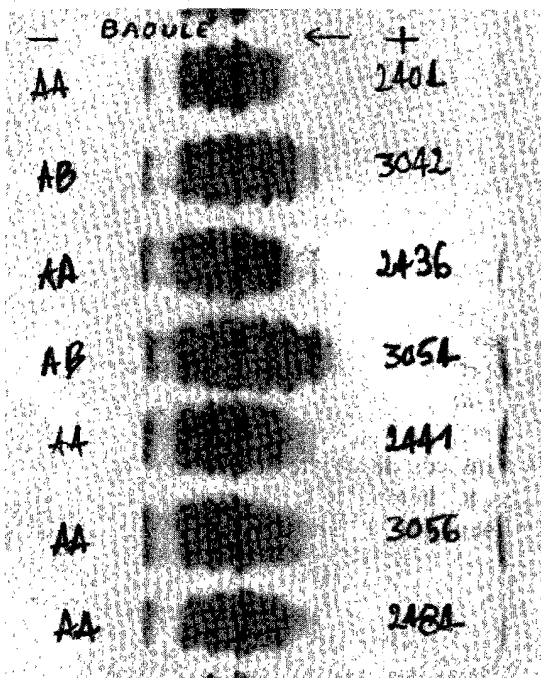
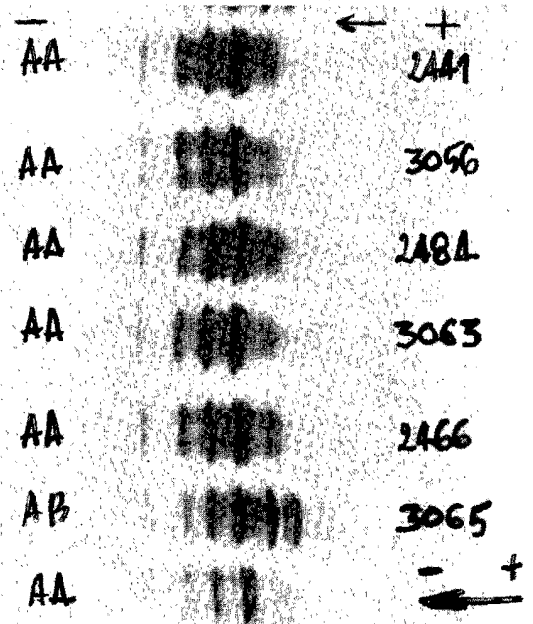
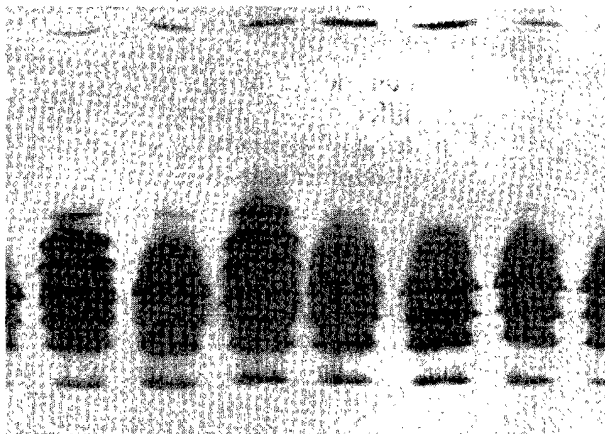


Figure 1. — Electrophorèse des hémoglobines A, B et AB.



Séparation des composants de l'hémoglobine par électrofocalisation en gel de polyacrylamide.

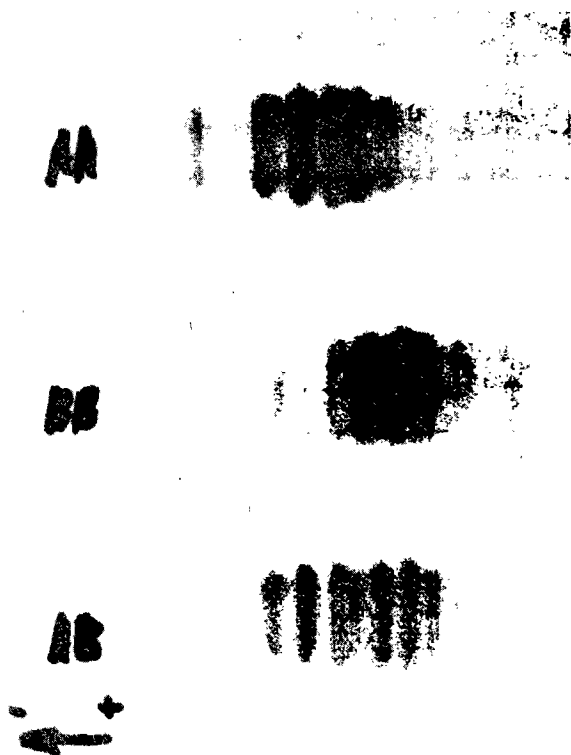


Figure 2. — Electrofocalisation des hémoglobines A, B et AB.

2.5. Interprétation des résultats

Elle est faite après utilisation des schémas d'analyse statistique de génétique des populations qui ont été appliqués aux résultats observés : estimation des fréquences génétiques, appréciation de l'équilibre de Hardy-Weinberg et comparaison chiffrées grâce au test du χ^2 .

3. RÉSULTATS

Chez les populations bovines étudiées, les techniques d'électrophorèse et d'électrofocali-

sation n'ont pas révélé d'autres hémoglobines que celles des types A et B. Les deux méthodes appliquées simultanément à divers échantillons ont toujours donné des résultats concordants rassemblés dans le tableau I.

Ces données montrent la présence des trois génotypes correspondant aux deux hémoglobines principales des bovins contrôlées par deux gènes autosomaux codominants.

La distribution des phénotypes de l'hémoglobine révèle que l'allèle Hb^A a été trouvé chez toutes les races et que la fréquence des types AA et AB est beaucoup plus grande que celle de l'homozygote BB, en particulier chez les taurins et pour le croisement DASI.

Les effectifs des génotypes observés et calculés, les fréquences géniques calculées selon la loi de Hardy-Weinberg et les fréquences alléliques sont réunis dans le tableau II.

Pour chacune des quatre populations bovines, le contrôle de l'équilibre panmictique permet de distinguer :

— les zébus locaux et les bovins issus du croisement N'Dama \times Simmental (DASI) qui sont en équilibre panmictique les χ^2 étant respectivement de 0,165 (N.S.) et de 0,70 (N.S.) ;

— les taurins N'Dama et Baoulé qui ne peuvent pas être considérés en équilibre panmictique (différences significatives $\chi^2 = 5,2$ et $\chi^2 = 6,1$; pour l'ensemble des deux races $\chi^2 = 10,5$).

Les échantillons de population taurine des races N'Dama et Baoulé sont trypanotolérantes. La comparaison des répartitions des phénotypes et des génotypes de leur hémoglobine ne révèle aucune différence significative ($\chi^2 = 0,830$). On pourrait donc les considérer

TABL. N°I-Détermination des hémoglobines et fréquences géniques de quelques populations bovines de l'ouest africain

Races	Nombre d'échantillons (N)	Types d'hémoglobines			Fréquences des génotypes			Intervalle de confiance à 5 p.100 des génotypes		
		A	AB	B	AA	AB	BB	AA	AB	BB
Zébus locaux	172	60	81	31	0,3488	0,4709	0,1802	0,2776 - 0,4200	0,3913 - 0,5455	0,1228 - 0,2376
N'Dama	97	85	10	2	0,8762	0,1031	0,0206	0,8107 - 0,9417	0,0426 - 0,1636	0,0000 - 0,0488
Baoulé	222	186	31	5	0,8378	0,1396	0,0225	0,7894 - 0,8862	0,0940 - 0,1852	0,0030 - 0,0420
N'Dama \times Simmental	103	87	16	0	0,8446	0,1553	0,0000	0,7747 - 0,9145	0,1197 - 0,1909	
Total	594									

TABL. N°II-Fréquences génotypiques et fréquences alléliques

Races	Génotypes	Effectifs des génotypes :		Fréquences génotypiques calculées	Allèles	Fréquences alléliques	Intervalle de confiance à 5p.100 des fréquences alléliques
		observés	calculés				
Zébus locaux à cornes courtes	AA	60,0	58,72	0,3414	Hb ^A	0,5843	± 0,0736
	AB	81,0	83,56	0,4857	Hb ^B	0,4157	± 0,0736
	BB	31,0	29,72	0,1728			
	Totaux	172,0	172,0	0,9999		1,0000	
N'Dama	AA	85,0	83,5	0,8610	Hb ^A	0,9278	± 0,0380
	AB	10,0	13,0	0,1337	Hb ^B	0,0721	± 0,0380
	BB	2,0	0,5	0,0052			
	Totaux	97,0	97,0	0,9999		0,9999	
Baoulé	AA	186	182,9	0,8240	Hb ^A	0,9076	± 0,0380
	AB	31	37,2	0,1675	Hb ^B	0,0923	± 0,0380
	BB	5	1,9	0,0085			
	Totaux	222	222	1,0000			
DASI (N'Dama x Simmental)	AA	87	87,6	0,8506	Hb ^A	0,9223	± 0,0516
	AB	16	14,8	0,1431	Hb ^B	0,0776	± 0,0516
	BB	-	0,6	0,0062			
	Totaux	103	103,0	0,9999		0,9999	

comme faisant partie d'une « même population » (tabl. III).

De même, la comparaison de ces taurins avec le croisement N'Dama × Simmental (Dasi) ne montre aucune différence significative ($\chi^2 = 3,16$ pour 2 ddl).

Enfin, les différences entre zébus et taurins, puis zébus et le croisement N'Dama × Simmental (Dasi) sont hautement significatives, les chi carré étant respectivement pour 2 ddl $\chi^2 = 241,31$ $p \leq 0,001$ et $\chi^2 = 80,04$ $p \leq 0,001$.

Mais il ne faut pas exagérer la portée de ces tests partiels, étant donné l'approximation

inévitables dans la définition de la race de chacun des individus des échantillons.

4. DISCUSSION

BANGHAM et BLUMBERG (1) ; BRAEND *et al.* (5) ; PETIT (29, 30) ont montré que les fréquences géniques de l'allèle Hb^A sont très hautes dans les échantillons des races bovines trypanotolérantes qu'ils ont pu étudier et que seuls quelques animaux possèdent l'hémoglobine de type B à l'état hétérozygote. Il faut noter que seuls les animaux de type

TABL. N°III-Fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des taurins (N'Dama et Baoulé) et test de l'équilibre panmictique

Phénotypes	Effectif des phénotypes	Fréquences phénotypiques	Génotypes	Effectif des génotypes calculés	Fréquences génotypiques calculées	Allèle	Fréquences alléliques	Intervalle de confiance à 5p.100 des fréquences alléliques
A	85+186=271	0,8495	AA	266,4	0,8351	Hb ^A	0,9138	± 0,0308
AB	10+ 31= 41	0,1285	AB	50,2	0,1573	Hb ^B	0,0862	± 0,0308
B	2+ 5= 7	0,0219	BB	2,4	0,0075			
Totaux	97+222=319	0,9999		319	0,9999		1,0000	
				$\chi^2=10,5$				

racial connu (Stations) ou hautement probables avaient alors été retenus.

L'élargissement des échantillons, l'imprécision inévitable dans les définitions raciales et de la filiation des animaux étudiés devaient amener un jour à révéler la présence à l'état homozygote de l'hémoglobine de type B chez des taurins de type N'Dama et Baoulé. C'est le cas pour les échantillons réunis ici.

Ces résultats non classiques ne sont pas pour autant contradictoires, ils sont même logiques, si on considère que les races N'Dama et Kouri sont d'origine hamitique et que des études antérieures ont montré la présence de l'hémoglobine de type B sous les formes homozygote et hétérozygote (32) chez le Kouri.

Nous avons comparé cette nouvelle moisson de résultats avec des travaux antérieurs relatifs aux zébus sahéliens du Tchad (33), aux bœufs du lac Tchad (32) et avec les données de DOMINGO (13) se rapportant aux races bovines trypanotolérantes des états du golfe du Bénin.

La comparaison des fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques obtenues chez les zébus locaux avec celles trouvées chez les zébus sahéliens du Tchad ne montre aucune différence significative ($\chi^2 = 0,2$ pour 2 ddl) (tabl. IV et V).

En outre, ces deux populations bovines sont en équilibre panmictique (zébus locaux $\chi^2 = 0,165$; zébus arabes $\chi^2 = 0,995$).

Les deux échantillons peuvent donc être considérés comme faisant partie d'une même population bovine, en ce qui concerne la seule Hb, puisque les répartitions phénotypiques et génotypiques peuvent être considérées comme identiques.

La comparaison des diverses fréquences observées dans le présent travail sur les deux races taurines N'Dama et Baoulé avec celles obtenues par DOMINGO (13) sur les races bovines trypanotolérantes Lagunaire, Somba et Borgou ne montre pas de différence significative ($\chi^2 = 10,591$ pour 8 ddl), ce qui confirme les résultats antérieurs (29, 30) (tabl. VI).

Parmi les taurins africains, ce sont les bœufs du lac Tchad, de race Kouri, qui ont les plus hautes fréquences en Hb^B (Hb^B = 0,380) (32) (tabl. VII).

La comparaison de ces différentes fréquences entre les races N'Dama (trypanotolérante) et Kouri (trypanosensible) appartenant toutes deux au rameau des taurins à longues cornes montre une différence hautement significative ($\chi^2 = 79,3$ pour 2 ddl $p \leq 0,001$). En outre, la comparaison globale entre Kouri d'une part et taurins d'autre part révèle une différence significative ($\chi^2 = 298,5$ pour 2 ddl $p \leq 0,001$). Par contre, aucune différence n'existe entre Kouri et Zébu ($\chi^2 = 4,73$ pour 2 ddl), ce qui alimente les hypothèses concernant les relations et les évolutions de bovins N'Dama et Kouri

TABL. N°IV-Fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des zébus arabes du Tchad

Phénotypes	Effectif des phénotypes	Fréquences phénotypiques (p.100)	Génotypes	Effectif des génotypes calculés	Fréquences géniques calculées (p.100)	Allèle	Fréquences alléliques (p.100)	Intervalle de confiance à 5p.100 des fréquences alléliques
A	61	35,26	AA	57,8	33,4	Hb ^A Hb ^B	57,8	+ 7,3
AB	78	45,08	AB	84,4	48,8			
B	34	19,65	BB	30,8	17,8		42,2	+ 7,3
Totaux	173	99,99		173,0	100,0		100,0	

TABL. N°V-Fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des zébus sahéliens de Haute-Volta et du Tchad

Phénotypes	Effectif des phénotypes	Fréquences phénotypiques	Génotypes	Effectif des génotypes calculés	Fréquences géniques calculées (p.100)	Allèle	Fréquences alléliques (p.100)	Intervalle de confiance à 5p.100 des fréquences alléliques
A	121	35,07	AA	116,5	33,76	Hb ^A Hb ^B	0,5811	+ 0,0520
AB	159	46,08	AB	168,0	48,70			
B	65	18,84	BB	60,5	17,53		0,4188	+ 0,0520
Totaux	345	99,99		345,0	99,99		0,9999	

TABL. N°VI-Fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des taurins trypanotolérants du golfe du Bénin

Races	Phénotypes	Effectif des phénotypes	Fréquences phénotypiques	Effectif des génotypes calculés	Fréquences génotypiques calculées	Allèle	Fréquences alléliques	Intervalle de confiance à 5p.100 des fréquences alléliques
Lagunaire	A	51	0,8644	50,3	0,8532	Hb ^A	0,9237	± 0,0677
	AB	7	0,1186	8,4	0,1410	Hb ^B	0,0762	± 0,0677
	B	1	0,0169	0,3	0,0058			
	Totaux	59	0,9999	59,0	1,0000		0,9999	
Somba	A	58	0,9830	56,6	0,9604	Hb ^A	0,9800	± 0,0357
	AB	-	0,0000	2,3	0,0004	Hb ^B	0,0200	± 0,0357
	B	1	0,0169	0,02	0,0392			
	Totaux	59	0,9999	58,9	1,0000		1,0000	
Borgou	A	51	0,8225	50,58	0,8160	Hb ^A	0,9032	± 0,0735
	AB	10	0,1613	10,84	0,1746	Hb ^B	0,0967	± 0,0735
	B	1	0,0161	0,58	0,0093			
	Totaux	62	0,9999	62	0,9999		0,9999	

Source : DOMINGO (1976). Les données de cet auteur ont été reprises et développées pour pouvoir être comparées.

TABL. N°VII-Fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des taurins Kouri du lac Tchad

Races	Phénotypes	Effectif des phénotypes	Fréquences phénotypiques	Effectif des génotypes calculés	Fréquences génotypiques calculées	Allèle	Fréquences alléliques	Intervalle de confiance à 5p.100 des fréquences alléliques
Kouri	A	134	0,3681	140,0	0,3844	Hb ^A	0,6200	± 0,0498
	AB	183	0,5027	171,5	0,4712	Hb ^B	0,3800	± 0,0498
	B	47	0,1291	52,5	0,1444			
	Totaux	364	0,9999	364,0	1,0000		1,0000	
				$\chi^2=1,6$				

au cours des âges, les Kouris représentant un vestige directement issu des ancêtres communs à ces deux races taurines.

5. CONCLUSION

Les différentes comparaisons qui ont été réalisées entre les races bovines africaines étudiées dans ce travail ou analysées antérieurement montrent que :

— les fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des zébus de Haute-Volta, du Tchad et des taurins de race Kouri (trois

racés bovines trypanosensibles) sont comparables entre elles avec le type bovin à hémoglobine B fréquente ;

— les fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques des taurins N'Dama, Baoulé, Dasi, Lagunaire, Somba et Borgou (six races bovines trypanotolérantes) sont comparables entre elles avec le type bovin à hémoglobine B rare.

Ces données permettent de caractériser aisément en Afrique de l'Ouest les genre *Bos taurus* et *Bos indicus*, les Kouris représentant un cas à part puisque leur aire est limitée et leur identification relativement aisée.

REMERCIEMENTS

Nous renouvelons nos remerciements aux autorités responsables des Centres, Stations et

Organismes ainsi qu'aux éleveurs qui nous ont accordé leur collaboration, leur appui et leur sympathie. Que tous trouvent ici l'expression de notre gratitude.

SUMMARY

Biochemical polymorphism of the hemoglobin of trypanosensitive and trypanotolerant cattle and their cross-breeds in West Africa

The biochemical polymorphism of the hemoglobin was studied with cellulose acetate electrophoresis and polyacrylamide gel electrofocalisation on 594 samples taken from taurine cattle (Ndama and Baoule) zebu cattle and Ndama $\delta \times$ Simmental crossbreeds (DASI).

The prevalence of the phenotypes, genotypes and alleles of the various cattle breeds of west Africa already determined, are analysed and compared with other trypanosensitive and trypanotolerant cattle populations.

The most significant differences between cattle population with high and low sensitivity to African trypanosomiasis are the following :

- prevalence of Hb^A in trypanotolerant cattle breeds ;
- a higher occurrence of AB heterozygotis type in trypanosensitive cattle breeds ;
- a very low occurrence of Hb^B allele in trypanotolerant cattle population, which confirm the studies carried out by IEMVT for the last ten years.

RESUMEN

Polimorfismo bioquímico de la hemoglobina de las poblaciones bovinas tripanosensibles, tripanotolerantes y de su cruzamiento en el oeste africano

Se estudió el polimorfismo bioquímico de la hemoglobina por electroforesis sobre acetato de celulosa y por electrofocalización en gel de poliacrilamida a partir de 594 muestras de N'Dama y Baule, de cebues y de un cruzamiento N'Dama $\delta \times$ Simmental (Dasi).

Se analizan las frecuencias fenotípicas, genotípicas y alelicas de las hemoglobinas de las diferentes razas bovinas del oeste africano ya determinadas y se las comparan con las de otras poblaciones bovinas africanas tripanosensibles y tripanotolerantes.

Las diferencias más significativas entre las poblaciones bovinas teniendo una sensibilidad elevada y reducida a las tripanosomosis africanas conciernen :

- una representación muy importante del Hb^A en las razas bovinas tripanotolerantes ;
- una frecuencia más grande del tipo heterocigote AB en las razas bovinas tripanosensibles ;
- una frecuencia genica muy reducida del alelo Hb^B en las poblaciones bovinas tripanotolerantes, lo que confirma los estudios efectuados desde más de diez años en el IEMVT.

BIBLIOGRAPHIE

1. BANGHAN (A. D.), BLUMBERG (B. S.). Distribution of electrophoretically different haemoglobins among some cattle breeds of Europe and Africa. *Nature*, 1958, **181** (4622) : 1551-1552.
2. BARTHA (R.), ERHARD (L.), SCHMID (D. O.). Blutgruppenstudien am Zebu-Azawouak-Rind aus Westafrika Zentralbereich. *Vet. Med.*, 1966, **13 A** : 78-84.
3. BRAEND (M.). Haemoglobin variants in cattle. *Anim. Bld Grps biochem. Genet.*, 1971, **2** : 15-21.
4. BRAEND (M.). Studies in the relationship between cattle breeds in Africa, Asia and Europe : evidence obtained by studies of blood group and pattern polymorphisms. *Wld Rev. anim. Prod.*, 1972, **7** (1) : 9-14.
5. BRAEND (M.), EFREMOV (G.), RAASTAD (A.). Genetics of bovine haemoglobin D. *Hereditas*, 1966, **54** : 255-259.
6. BRAEND (M.), KHANNA (N. D.). Haemoglobin and transferrin types of some West African cattle. *Anim. Prod.*, 1968, **10** (2) : 129-134.
7. CABANNES (R.), SERAIN (Ch.). Hétérogénéité de l'hémoglobine des bovidés. Identification électrophorétique de deux hémoglobines bovines. *C. r. Séanc. Soc. Biol.*, 1955, **149** (1-2) : 7-10.

8. CARR (W. R.). The haemoglobins of indigenous breeds of cattle in Central Africa. *Rhod. J. agric. Res.*, 1964, 2 : 93-94.
9. CARR (W. R.). A new bovine haemoglobin variant. *Rhod. J. agric. Res.*, 1965, 3 : 62-62 A.
10. CHOQUEL (P.). Intérêt et utilisation des bovins trypanotolérants. Thèse Doct. vét. Alfort, 1969, n° 22.
11. CIPEA. Le bétail trypanotolérant d'Afrique Occidentale et Centrale. Addis Abeba, C.I.P.E.A., 1979, 155 ; 311 p.
12. CROCKETT (J. R.), KOGER (M.), CHAPMAN (H. L.). Genetic variations in haemoglobins of beef cattle. *J. anim. Sci.*, 1963, 22 : 173-176.
13. DOMINGO (A. M.) (1976). Contribution à l'étude de la population bovine des Etats du Golfe du Bénin. Thèse Doct. vét. Dakar, 1976.
14. EFREMOV (G.), BRAEND (M.). A new haemoglobin in cattle. *Acta vet. scand.*, 1965, 6 : 109-111.
15. E.S.A.B.R. Polymorphismes biochimiques des animaux. X^e Congrès européen sur les groupes sanguins et le polymorphisme biochimique des animaux. Paris, 1966. Chapitre VIII. Haemoglobins in various species : 381-435.
16. JOSHI (N. R.), Mc LAUGHLIN (E. U.), PHILLIPS (R. W.). Les bovins d'Afrique. Types et races. Rome, F.A.O., 1957.
17. LARRAT (R.), CAMARA (A.), CHALUMEAU (P.). Les bovins N'Dama du Sénégal. *Bull. Servs. Elev. Ind. anim. Afr. occid. fr.*, 1948, 1 (4) : 15-21.
18. LEHMANN (M.). The haemoglobins of 103 Indian Gir cattle. *Man*, 1959, 59 : 66.
19. LEHMANN (M.), ROSS (J. G.). Haemoglobin phenotypes in Nigerian cattle. *Man*, 1961, 61 : 81.
20. MANGALRAJ (D.), SATCHIDANANDAM (V.), NAMBLAR (K. T. K.). Haemoglobin polymorphism in cattle. *Ind. vet. J.*, 1968, 45 : 966-1002.
21. NAIK (S. N.), SANGHVI (L. D.). A new haemoglobin variant in zebu cattle. Proc. 9th European Animal Blood Group Conference, Prague, 1964 : 295-299.
22. NAIK (S. N.), SUKUMARAN (P. K.), SANGHVI (L. D.). A note on blood group and haemoglobin variants in zebu cattle. *Anim. Prod.*, 1965, 7 (2) : 275-277.
23. OSTERHOFF (D. R.). Haemoglobin types in Africa cattle. *J. S. Afr. vet. Ass.*, 1975, 46 (2) : 185-189.
24. OSTERHOFF (D. R.), VAN HEERDEN (J. R. N.). Haemoglobin variations in zebu-type cattle. *Immunogenet. Letters*, 1965, 4 (2) : 89-92.
25. PAGOT (J. R.). Les races trypanotolérantes. Colloque sur les moyens de lutte contre les trypanosomes et leurs vecteurs. OIE/IEMVT. Paris, 12-15 mars 1974, pp. 235-248.
26. PARODI (A. L.). Les hémoglobines animales. *Recl. Méd. vét.*, 1969, 145 : 917-936.
27. PETIT (J. P.). Détermination de la nature des hémoglobines chez 982 bovins africains malgaches (taurins et zébus) par électrophorèse sur acétate de cellulose. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1968, 21 (3) : 405-413.
28. PETIT (J.-P.). Rapport annuel de l'I.E.M.V.T. Biochimie, 1974, pp. 119-125.
29. PETIT (J.-P.). Haemoglobin polymorphism studies of West African trypanotolerant taurine breeds. Congrès I.S.A.B.R., Dublin, 12-17 juillet 1976.
30. PETIT (J.-P.). Bases biologiques de la trypanotolérance. Première consultation d'experts sur la recherche concernant la trypanotolérance et l'élevage des animaux trypanotolérants. Rome, F.A.O., 16-19 mars 1976, 11 p.
31. PETIT (J.-P.), MAHIN (L.), BRIOUGA (J.). Etude du polymorphisme biochimique de l'hémoglobine chez les populations de bovins marocains. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1980, 33 (2) : 167-175.
32. PETIT (J.-P.), QUEVAL (R.). Le Kouri : race bovine du Lac Tchad. II. Etudes biochimiques : les hémoglobines et les constituants du sérum. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1973, 26 (1) : 97-104.
33. QUEVAL (R.), PETIT (J.-P.), HASCOET (M. C.). Analyse des hémoglobines du zébu arabe (*Bos indicus*). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1971, 24 (1) : 47-51.
34. SCHROEDER (W. Q.), SHELTON (J. R.), SHELTON (J. B.), ROBBERSON (B.), BABIN (D. R.). A comparison of amino acid sequences in chains of adult bovine haemoglobins A and B. *Arch. Biochem. Biophys.*, 1967, 120 : 124-135.
35. SEN (A.), ROY (D.), BHATTACHARYA (S.), DEB (N. C.). Haemoglobins of Indian Zebu cattle and the Indian Buffalo. *J. anim. Sci.*, 1966, 25 : 445-448.
36. SUKUMARAN (P. K.). Studies of the haemoglobins A and B of Indian cattle. *Biochem. Biophys. Acta*, 1965, 100 : 616-618.
37. TOURÉ (S. M.). La trypanotolérance : revue des connaissances. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 157-174.
38. TRAORÉ (A. N.). Contribution à l'étude de l'amélioration du gros élevage en Haute-Volta. Thèse Doct. vét. Alfort. 1964, n° 6.
39. VELLA (F.). Haemoglobin types in ox and buffalo. *Nature*, 1958, 181 : 564.
40. VERLY (J. P.). Contribution à l'étude des races bovines autochtones de Côte-d'Ivoire. Thèse Univ. Abidjan, 1968.
41. VOHRADSKY (F.), AZZANTI (C.). Electrophoretically different haemoglobins of cattle in Ghana. *Acta vet. Brno*, 1972, 41 : 385-392.